Aus der Universitäts-Kinderklinik A

Düsseldorf

(Direktor: Professor Dr. med. G.-A. von Harnack)

DIE ANWENDBARKEIT DER SKELETTALTERBESTIMMUNGS-METHODE NACH DE ROO BEI NORMALWÜCHSIGEN WESTDEUTSCHEN KINDERN

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Gundula Notheis

1983

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Aus der Universitäts-Kinderklinik A
Düsseldorf
(Direktor: Professor Dr. med. G.-A. von Harnack)

DIE ANWENDBARKEIT DER SKELETTALTERBESTIMMUNGS-METHODE NACH DE ROO BEI NORMALWÜCHSIGEN WESTDEUTSCHEN KINDERN

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Gundula Notheis
1983

»Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf«

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez.: **Prof. Dr. Hopf**

Referent
gez: **Priv.-Doz. Dr. Kemperdick**

Korreferent
gez.: **Priv.-Doz. Dr. Lenz**

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543909_0059

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

		Seite
1.	E I N L E I T U N G	1
2.	P R O B L E M S T E L L U N G	7
2.1 .	Die Methodik von TANNER, WHITEHOUSE und Mitarbeitern	8
2.2	Die Methodik nach GREULICH-PYLE	9
2.3	Die Methodik von DE ROO	14
3.	E I G E N E U N T E R S U C H U N G	19
3.1	Untersuchungsgut	19
3.2	Durchführung der Untersuchung	25
4.	E R G E B N I S S E	30
4.1	Die praktische Durchführbarkeit der Skelettalterbestimmungsmethode	30
4.2	Die Verläßlichkeit der Methode	32
4.2.1	Der Interbeurteiler-Fehler	32
4.2.2	Der Intrabeurteiler-Fehler	35
4.3	Die Übereinstimmung von Lebens- und Skelettalter	38

		Seite
4.4	Vergleich der beiden Methoden (DE ROO und GREULICH-PYLE) miteinander	43
4.4.1	Vergleich der Standards von GREULICH-PYLE und DE ROO	43
4.4.2	Vergleich der nach der DE ROO-Methode gewonnenen Ergebnisse mit denjenigen der GREULICH-PYLE-Methode	47
4.5	Vergleich des Skelettalters von Jungen und Mädchen	50
5.	D I S K U S S I O N D E R E R G E B - N I S S E	55
5.1	Der Interbeurteiler-Fehler	55
5.2	Der Intrabeurteiler-Fehler	56
5.3	Vergleich von Lebensalter und Skelettalter	58
5.4	Vergleich des Skelettalters von Jungen und Mädchen	66
5.5	Die Anwendbarkeit der Skelettalterbestimmung nach GREULICH-PYLE und DE ROO bei westdeutschen Kindern	69

Seite

6. ZUSAMMENFASSUNG 71

7. LITERATURVERZEICHNIS 75

1. EINLEITUNG

Vom Anfang dieses Jahrhunderts an wurden Röntgenbilder systematisch zur Beurteilung der biologischen Reife verwendet.

STETTNER (52) untersuchte 1920 die Beziehung zwischen Ossifikation des Handskeletts und Alter sowie Längenwachstum und den Einfluß von Erkrankungen auf diese Beziehung.

MUNK (41) entwarf 1927 anhand der Größe des Radius, der Ulna und der Carpalia eine Methode zur Skelettalterbestimmung.

1937 erarbeitete TODD (59) erstmals einen Atlas von Röntgenaufnahmen der Hand zur Skelettalterbestimmung. Dieser wurde 1950 von GREULICH und PYLE (23) in völlig überarbeiteter Form als "Radiographic Atlas of skeletal Development of the Hand and Wrist" herausgegeben.

BAYLEY und PINNEAU (7) erstellten 1952 auf der Grundlage der Skelettalterbestimmung nach GREULICH und PYLE (23) die erste Endgrößen-Vorhersage-Tabelle.

1962 erarbeiteten TANNER, WHITEHOUSE und Mitarbeiter

(55) eine weitere Methode der Skelettalterbestimmung. Dabei werden die Knochen der Hand und des Handgelenks einzeln nach 8 - 9 Stadien klassifiziert, den sogenannten Score-Werten. Diese Methode wurde in überarbeiteter Form 1975 als TW_2-Methode (57) veröffentlicht.
Um auch dem Praktiker eine einfache und schnelle Orientierung zu ermöglichen, gab DE ROO (49) 1976 in Holland einen Taschenatlas zur Skelettalterbestimmung heraus.

Oft diskutiert wurde die Frage, welche Skelettregion für die Skelettalterbestimmung zu röntgen wäre (15, 17, 19). Heute wird übereinkunftsgemäß in der Regel die linke Hand zur Beurteilung der Skelettentwicklung herangezogen.
Die Strahlendosisbelastung ist gering, die Hand ist bequem, schnell und billig zu röntgen, und die Mitarbeit der Kinder ist so am besten gewährleistet.
Ob die Hand allerdings repräsentativ ist für die Skelettreifung insgesamt, ist nach wie vor strittig. GARN und Mitarbeiter (19) nämlich stellten Abweichungen von teilweise zwei Jahren und mehr fest bei der

Bestimmung des Skelettalters aufgrund der Hand allein gegenüber Bestimmungen von insgesamt 6 Körperabschnitten.
Andere Autoren dagegen (43, 53) beobachteten eine enge Beziehung zwischen dem jeweiligen Niveau der Ausreifung beliebiger Teile des Skeletts und dem der Hand.
Auch nach den Untersuchungen von PRYOR (44) zeigt der Verschluß der Epiphysenfugen der Hand die Fusion aller Epiphysenfugen an.

Da die Mädchen den Jungen in der Skelettreifung von der Geburt an vorauseilen (56) und ihr Wachstumsende auch dementsprechend zwei Jahre früher eintritt, muß bei allen Skelettalterbestimmungen zwischen den Geschlechtern differenziert werden.
Die raschere Skelettreifung der Mädchen beruht im wesentlichen auf hormonellen Faktoren. Mit dem bei Mädchen früher als bei Jungen einsetzenden Pubertätswachstumsschub geht eine Beschleunigung der Skelettentwicklung einher (27).

Wesentlichen Einfluß auf die Knochenreifung haben neben verschiedenen Hormonen wie Androgene, Östrogene, das Wachstumshormon und die Schilddrüsenhormone auch genetische sowie sozioökonomische Faktoren. So wurde bei längerer Mangelernährung, aber auch Erkrankungen wie Zöliakie, Hypothyreose, Cushing-Syndrom und Nierenerkrankungen eine deutliche Retardierung des Skelettalters festgestellt (1,3). Nach der Verbesserung der Ernährungsbedingungen bzw. Therapie der Erkrankungen wurde ein sogenanntes "Catch-up" (Aufholwachstum) beobachtet (2, 25), bei dem das Wachstum bis zu einem vierfachen und die Skelettreifung bis zum zwei- bis dreifachen des Normalen beschleunigt war.

Das Skelettalter ist heute ein wichtiger Entwicklungsparameter in der Pädiatrie. Während Größe und Gewicht gute Indikatoren des "Massenwachstums" sind, eignet sich das Skelettalter besonders als Indikator der somatischen Reifung (26).
Es korreliert positiv mit dem Zahnalter, dem Zeitpunkt der Menarche und dem erreichten Prozenzsatz

der Erwachsenengröße (45), ebenso wie mit der Größe in der Adoleszenz (36).
Auch nach PRADER (10) zeigen Wachstums- und Pubertätsverlauf eine bessere Korrelation mit dem Knochenalter als mit dem chronologischen Alter. Eine ähnliche Auffassung vertritt BIERICH (8) indem er sagt, daß nicht das chronologische Alter, sondern das Skelettalter entscheidend die biologische Gesamtreife reflektiert.
Das Skelettalter erscheint so als ein brauchbarer Maßstab für das biologische Alter. Seine Verläßlichkeit beruht darauf, daß bei der Mehrzahl der Menschen in verhältnismäßig konstanter Reihenfolge sich Knochenkerne und Epiphysen ausbilden (56), auch wenn man individuell eine gewisse Variabilität finden kann (16, 18).

Die Skelettalterbestimmung ist für viele Fragestellungen von großer diagnostischer Bedeutung (26), insbesondere für die zahlreichen Störungen des kindlichen Wachstums. Zudem können sich in der Skelettreifung sowohl für

Diagnose als Differentialdiagnose bedeutsame typische Abweichungen zeigen (8).
Knochenalter und Körpergröße sind daher wichtig für Diagnose, Prognose des Pubertätsbeginns und Vorhersage der Erwachsenengröße bei Wachstums- und Pubertätsstörungen, sowie bei jeder endokrinen Erkrankung (10).

2. PROBLEMSTELLUNG

Der Wert einer Skelettalterbestimmungsmethode muß an ihrer Genauigkeit bei Anwendung für eine bestimmte Population, ihrer Reproduzierbarkeit und am erforderlichen Zeitaufwand gemessen werden.

Die zur Zeit gebräuchlichsten Methoden zur Skelettalterbestimmung sind die Methoden von GREULICH-PYLE (23) sowie von TANNER und WHITEHOUSE (55, 57).
Die TANNER-WHITEHOUSE (TW) Methode (55, 57) wird zunehmend zur Beurteilung von Wachstumsstörungen- und verläufen und zur Endgrößenberechnung benutzt. Sie ist jedoch relativ zeitaufwendig und aufgrund verschiedener Literaturergebnisse (5, 10, 32, 47) nicht wesentlich genauer als die GREULICH-PYLE Methode (23). Daher konnte sie sich bis jetzt noch nicht in gleicher Weise wie die Methodik von GREULICH und PYLE (23) in der normalen Routinediagnostik des Skelettalters durchsetzen.

2.1 Die Methodik von TANNER, WHITEHOUSE und Mitarbeitern (57)

Die neuere TW_2-Methode (57) ist die überarbeitete und abgeänderte Form der TW_1-Methode (55) von 1962; sie wurde anhand einer Untersuchungsgruppe von 2600 britischen Jungen und Mädchen erarbeitet. Wesentlich ist, daß den einzelnen Knochen des Handskeletts von ihrem ersten Erscheinen bis zu ihrem ausgereiften Zustand ein bestimmtes Stadium (A-I) zugeordnet wird. Jedem dieser Stadien ist, für Jungen und Mädchen getrennt, ein gewichteter Zahlenscore beigefügt.
Über die Summe dieser Scores kann das reale Skelettalter berechnet werden.
Drei seperate Scoring-Systeme, und zwar der RUS (Radius-, Ulna-, Short-finger), Carapal- und 20-Bone-Score, die getrennt benutzt werden können, wurden bei der TW_2-Methode (57) erstellt.
TANNER, WHITEHOUSE und Mitarbeiter (55, 57) führten die biologische Wertung ein, weil sie der Ansicht

sind, daß viele Knochen der Hand die gleiche Information über die Reife geben, und damit beispielsweise den 19 Fingerknochen bei der Ermittlung eines Durchschnittswertes ein zu großes Gewicht geben würde. Wichtung und Vergabe der Score-Werte erfolgte jedoch völlig willkürlich.

2.2 Die Methodik nach GREULICH-PYLE (23)

Die heute noch gebräuchlichste und auch rasch durchführbare Methode von GREULICH-PYLE (23) wurde ursprünglich von TODD (59) entwickelt.
TODD (59) begann 1931, auf der Suche nach Möglichkeiten zur Reifebestimmung unabhängig von Körpergröße und -gewicht, einen Atlas mit Normalbeispielen der röntgenologischen Handskelettentwicklung zur Bestimmung des Skelettalters zusammenzustellen.
TODD's Untersuchung (59) erfolgte im Rahmen der Research-Studie der Brush-Foundation-Studie in Cleveland/Ohio an 1000 Kindern.

Alle Kinder mußten frei von gröberen körperlichen und geistigen Defekten sein. Sie stammten aus weißen Familien mit meist nordeuropäischen Vorfahren und mußten in den USA geboren sein. Die Familien lagen ökonomisch und bildungsmäßig über dem Durchschnitt. Da bis 1936 ältere Altersgruppen unterrepräsentiert waren, wurden Kinder aus verschiedenen Schulen Clevelands hinzugenommen. Die dadurch entstandene Inhomogenität wurde 1950 von GREULICH und PYLE (23) beseitigt, da bis dahin alle Altersgruppen in der Research-Studie ausreichend vertreten waren.

Röntgenaufnahmen der linken Hand wurden von Kindern - Jungen und Mädchen getrennt - ab dem 3. Lebensmonat bis zur Vollendung des 1. Lebensjahres in dreimonatigem Abstand, von Kindern bis zum Alter von 6 Jahren in halbjährlichem und danach bis zum Alter von 18 Jahren in jährlichem Abstand angefertigt. Zum Untersuchungstermin durften die Kinder nicht mehr als 2 % vom festgelegten Alter abweichen. Aus je 100 Röntgenaufnahmen von Kindern gleichen Ge-

schlechts und Alters wurde das am meisten zentral gelegene Beispiel als Standard ausgewählt.

GREULICH und PYLE (23) beschreiben zwei Methoden zur Handhabung ihres Atlas.

1. Die Inspektionsmethode:

Zur Beurteilung einer Röntgenaufnahme der linken Hand eines Kindes wird zunächst derjenige Standard herausgesucht, der dem chronologischen Alter des Kindes entspricht.

Differiert der Entwicklungsstand des Handskeletts auf der Röntgenaufnahme des eigenen Patienten von dem altersentsprechenden Beispiel, erfolgt ein Vergleich mit nächstjüngeren oder nächstälteren Standards. Derjenige Standard, der dem Entwicklungsstand auf der Röntgenaufnahme am ehesten gleicht, wird ausgewählt. Stimmt der Entwicklungsstandard mit keinem Standard genau überein, sollte zwischen zwei Standards interpoliert werden.

Wichtige Kriterien zur Beurteilung sind bei jüngeren Kindern das Vorhandensein bestimmter Carpal- oder Epiphysenzentren. Später bis zur Pubertät ist die

Form- und Gestaltentwicklung der Kerne wesentlich. Hierzu gibt es für die einzelnen Knochenkerne beschreibende und in Umrisszeichnungen skizzierte Reifeindikatoren für verschiedene Altersstufen.
Mit Beginn der Pubertät und zunehmend in der Adoleszenz wird der Grad der Fusion der Epiphysenfugen zum wichtigsten Reifekriterium.

2. Die Summationsmethode:

Bei dieser Methode wird jeder einzelne Knochen mit dem entsprechenden des Standards verglichen.
Dabei erweist es sich als zweckmäßig, die Knochenkerne in einer bestimmten Reihenfolge zu prüfen. Entspricht der Entwicklungsstand eines bestimmten Knochenkerns demjenigen des ausgewählten Standards, wird diesem Knochen das Knochenalter des Standards zugeordnet. Ist kein Standard mit dem zu beurteilenden Knochenkern ganz identisch, sollte der nächstähnliche ausgewählt werden. Da nicht alle Knochenkerne der Hand eines bestimmten Standards den gleichen Entwicklungsstand aufweisen, ist jedem Standard eine Angabe über das individuelle Knochenalter jedes einzelnen Knochens beigefügt.

Das Skelettalter der Hand ergibt sich dann aus dem Durchschnittsalter aller einzeln bewerteter Knochenkerne (38).

Von diesen beiden dargestellten Methoden nach GREULICH und PYLE (23) wird die sogenannte Inspektionsmethode wohl am häufigsten angewandt. Sie läßt sich sehr schnell, d.h. im Durchschnitt in 2 - 3 Minuten durchführen (32) und ist gut reproduzierbar.
Wie Untersuchungen in verschiedenen Ländern gezeigt haben (9, 12, 21, 32, 43, 61), ist die GREULICH-PYLE-Methodik (23) jedoch häufig nicht ohne eine gewisse Korrektur anwendbar.
Der Atlas ist außerdem seit 1964 weder überarbeitet, noch neu aufgelegt worden, deshalb ist er oft schwierig zu bekommen. Die Anschaffung ist relativ teuer, das Atlasformat unhandlich. Auch aus diesen Gründen wird die GREULICH-PYLE-Methode (23) meist nur in Kliniken und vom Spezialisten angewendet.

2.3 Die Methodik von DE ROO (49)

Daher war es erfreulich, daß 1976 von DE ROO und Mitarbeitern (49) in Holland ein Taschenatlas herausgegeben wurde, mit der Absicht, dem Praktiker die Möglichkeit zu geben, sich schnell und einfach über das Skelettalter eines Kindes zu informieren.
Wie der Name schon besagt, hat der Taschenatlas von DE ROO (49) ein handliches Format und ist preisgünstig.
Die Standards basieren auf einer großen Serie von Röntgenaufnahmen der linken Hand holländischer Kinder.
Nähere Angaben werden jedoch nicht gemacht.
Der Atlas ist für Mädchen und Jungen getrennt anwendbar. Für die Jungen beginnen die Standards mit einem Monat und 15 Tagen, dann weiter in dreimonatigen Abständen bis zum Alter von zwei Jahren.
Bis zum 7. Lebensjahr folgen sie dann in sechsmonatigen, bis zum 18. Lebensjahr in jährlichen Abständen, mit Ausnahme eines zusätzlichen Standards für 13 Jahre 6 Monate.

Für Mädchen werden Standards von 3 Monaten an bis zum 2. Lebensjahr in dreimonatigen Abständen erstellt, vom 2. bis zum 4. Lebensjahr in sechsmonatigen, vom 4. bis zum 18. Lebensjahr in jährlichen Abständen. Jedem Standard ist auf der gegenüberliegenden Seite eine kurze Beschreibung, getrennt für Radius und Ulna, Carpalia, Metacarpalia und Phalangen, beigefügt. Über ein spezielles methodisches Vorgehen bei der Skelettalterbestimmung sind keine Angaben enthalten.

Da dieser Taschenatlas von DE ROO (49) handlich, billig und einfach zu beschaffen ist, sollte die Anwendbarkeit der Methodik bei westdeutschen Jungen und Mädchen untersucht werden.
Hierbei interessiert nicht nur die Durchführbarkeit und Genauigkeit der Methode, sondern auch ihre Übertragbarkeit auf westdeutsche Jungen und Mädchen im Vergleich zur GREULICH-PYLE-Methode (23).
Es stellte sich die Frage, ob die Methode von DE ROO (49) der GREULICH-PYLE-Methodik (23) gleichwertig oder vielleicht sogar überlegen ist.

Für diese These könnte sprechen, daß eventuell ein geringerer Unterschied der Skelettreifung zwischen deutschen und holländischen als zwischen deutschen und amerikanischen Kindern besteht.
Zahlreiche Untersuchungen (4, 5, 12, 14, 21, 32, 35, 39, 45) zeigen, daß unterschiedliche Populationen auch Unterschiede in ihrer Skelettreifung aufweisen. Dies kann erklärt werden durch rassische Differenzen des Wachstums, der mittleren Größe, des mittleren Gewichts und des Beginns der Pubertät, sowie durch Umweltfaktoren wie Lebensstandard, Ernährungsbedingungen, Häufigkeit bestimmter Erkrankungen und klimatische Einflüsse (3, 5, 20, 21, 61).
Deshalb sollte immer vor Übernahme von Skelettalterstandards, die für eine bestimmte Population entwickelt wurden, überprüft werden, ob diese auch auf die zu untersuchende Population passen oder ob Korrekturen angewandt werden müssen (23, 47, 50, 57).
SCHMID und MOLL (51) haben als einzige für westdeutsche Kinder bisher einen Skelettalterstandard publiziert. Gegen diese metrische Methode ist einzuwenden, daß die eigentlichen Reifungsprozesse und der Einfluß genetisch bedingter Körpergröße völlig außer Betracht gelassen

werden (10).
Unbrauchbar wird die Methode auch dadurch, daß Jungen und Mädchen nicht getrennt behandelt werden.
Bei Mädchen verläuft die Skelettreifung jedoch schneller als bei Jungen. In der Pubertät beträgt die Differenz zwei Jahre. Mit dem Schluß der Epiphysenfugen kommt das Wachstum zum Stillstand, bei weiblichen Jugendlichen mit 16 Jahren, bei männlichen Jugendlichen mit 18 Jahren (26).

Von KEMPERDICK (32) wurde zum ersten Mal untersucht, ob die GREULICH-PYLE Standards (23) auch auf westdeutsche Kinder (Düsseldorfer Raum) anwendbar sind. Es zeigte sich, daß bei der Inspektionsmethode bei Jungen ab zwei Jahren und bei Mädchen zwischen dem 6. und 10. Lebensjahr eine Korrektur benötigt wurde. Ebenso war bei der knochenspezifischen Summationsmethode in allen Altersgruppen der Jungen und Mädchen eine Korrektur erforderlich.

Sollte sich nun zeigen, daß mit dem Atlas von DE ROO (49) gleichwertige Ergebnisse wie mit dem Atlas von GREULICH-PYLE (23) erzielt werden, könnte er in gleicher Weise angewandt werden. Sind seine Ergebnisse mit geringerer oder ohne Korrektur für die westdeutsche Bevölkerung anwendbar, könnte der Taschenatlas von DE ROO (49), bei gleicher Reproduzierbarkeit der Befunde, eventuell sogar bevorzugt werden.

Offen bleibt die Frage, ob man den Atlas von DE ROO (49) auch bei der Endgrößenberechnung verwenden kann, da den Tabellen von BAYLEY und PINNEAU (7) zur Voraussage der Erwachsenengröße der Atlas von GREULICH-PYLE (23) zugrunde liegt.

3. EIGENE UNTERSUCHUNG

3.1 Untersuchungsgut

Die in der Untersuchung verwendeten Röntgenaufnahmen stammen von Kindern, deren linke Hand zur Bestimmung des Skelettalters in der Zeit von 1973 - 1977 in der Röntgenabteilung der Kinderklinik der Universität Düsseldorf geröntgt wurden.
Alle verwendeten Röntgenaufnahmen der linken Hand waren in typischer Weise exponiert worden: Strahlengang dorso-volar, Obertischaufnahmen ohne Rasterverwendung; Kassetten mit feinzeichnenden Verstärkerfolien; Belichtungswerte zwischen 45 bis 60 KV und 0,003 bis 0,006 Sekunden, entsprechend etwa 1,2 bis 2,5 mAs; kleiner Fokus, 0,6; - es wurde darauf geachtet, daß die Hand plan der Kassette auflag. Die Achse des Mittelfingers sollte der des Unterarmes entsprechend, der Daumen leicht - etwa 30 Grad - abduziert werden.

Hielten jüngere Kinder nicht still, so wurde die Hand mit einem Plastikgurt fixiert. Zentriert wurde auf das Köpfchen des Metacarpale 3. Alle Kinder trugen eine sogenannte Bleihalbschürze als Gonadenschutz und hatten, meist in sitzender Position, den Körper von der Primärstrahlung möglichst weit abgewendet.

Ausgewählt wurden Kinder, die keine Erkrankungen hatten, die einen Einfluß auf das Skelettalter haben könnten. Die Kinder waren z.B. geröntgt worden wegen Traumen, bei Fieberkrämpfen im Rahmen der cerebralen Diagnostik, zum Ausschluß einer rheumatoiden Arthritis oder einer Rachitis, bei Verhaltensstörungen sowie Schmerzen unklarer Ursache im Handbereich.

Zu den Erkrankungen, die das Skelettalter beeinflussen, zählen endokrine Erkrankungen, schwere Herzfehler und konsumierende Erkrankungen wie Tumoren und Leukämie.
Bei der Hypothyreose ist das Größenalter und das Knochenalter retardiert. Beim angeborenen adrenogenitalen Syndrom eilt die Skelettentwicklung der

gesteigerten Größenentwicklung noch voraus (26).
Kinder mit kongenitalen Herzfehlern zeigen oft eine Retardierung des Skelettalters, insbesondere bei cyanotischen Vitien (34).
Ebenfalls dürfen keine Kinder ausgewählt werden, die mit Hormonen behandelt werden. Corticosteroide wirken sich negativ auf Längenwachstum, Knochenreifung und Epiphysenfugenverschluß aus (6,8).
Androgene wirken fördernd auf das Längenwachstum, stark fördernd auf die Knochenreifung und den Schluß der Epiphysenfugen (8).
Insulin wirkt permissiv auf das Längenwachstum. Welchen Einfluß es auf die Knochenreifung ausübt ist fraglich (31). Deshalb wurden Kinder mit Diabetes mellitus auch nicht in das Untersuchungsgut aufgenommen.

Gesunde Kinder sollten wegen der Strahlenbelastung nicht geröntgt werden. Prinzipiell besteht auch bei der Bestrahlung des kindlichen Handskeletts die Gefahr der Leukämieauslösung durch die Nutzstrahlung am Ort der Röntgenuntersuchung (42).

Das Risiko, an Leukämie zu erkranken, ist allerdings sehr gering und beträgt nach Berechnungen von PECHSTEIN (42) innerhalb von 15 Jahren höchstens sechs Fälle auf 100 Millionen Röntgenaufnahmen der linken Hand.

Nach den Ergebnissen der Strahlenbiologischen Forschung dürfte die Dosisbelastung einer Röntgenaufnahme der linken Hand so gering sein, daß andere somatische Schädigungsmöglichkeiten wie Tumorinduktion oder verkürzte Lebenserwartung, außer Betracht bleiben können.

Zur Beurteilung wurden 127 Röntgenaufnahmen der linken Hand von Jungen und 137 Röntgenaufnahmen der linken Hand von Mädchen benutzt.
Das Alter der Jungen lag zwischen 4 Monaten und 15 Jahren, bei den Mädchen zwischen 5 Monaten und 15,8 Jahren.
Jungen und Mädchen wurden aus den bereits erwähnten Gründen getrennt untersucht.

Nach dem Lebensalter wurden jeweils sechs Altersgruppen festgelegt:

Jungen

Altersgruppe	Alter (Jahre)	Anzahl der Probanden
I	0,4 bis 2,0	n = 16
II	2,1 bis 4,0	n = 31
III	4,1 bis 6,0	n = 15
IV	6,1 bis 10,0	n = 27
V	10,1 bis 12,0	n = 18
VI	12,1 bis 15,0	n = 20
		N = 127

Mädchen

Altersgruppe	Alter (Jahre)	Anzahl der Probanden
I	0,5 bis 2,0	n = 24
II	2,1 bis 4,0	n = 27
III	4,1 bis 6,0	n = 17
IV	6,1 bis 10,0	n = 29
V	10,1 bis 12,0	n = 17
VI	12,1 bis 15,8	n = 23
		N = 137

11,02 % der Jungen und 8,75 % der Mädchen waren ausländische Kinder. Mit diesem Prozentsatz repräsentieren sie etwa den in Westdeutschland lebenden Ausländeranteil gut.

Die Kinder der Untersuchungsserie waren normalwüchsig. Ihre Größe lag zwischen der 10. und 90. Perzentile (nach J.C. VAN WIERINGEN, 1971 (62), ergänzt durch VON HARNACK).

In Abbildung I für Jungen und Abbildung II für Mädchen sind die Größenverteilungen für die einzelnen Altersgruppen dargestellt. Wie aus Abbildung III (Jungen)und IV (Mädchen) hervorgeht, ist die Größenverteilung insgesamt ziemlich ausgewogen, wenn sich auch eher eine gewisse Tendenz mehr zu den niedrigeren als zu den hohen Extremen erkennen läßt.

Abbildung I: Größenverteilung für Jungen

Abbildung II: Größenverteilung Mädchen

Abbildung III: Größenverteilung für alle Jungen

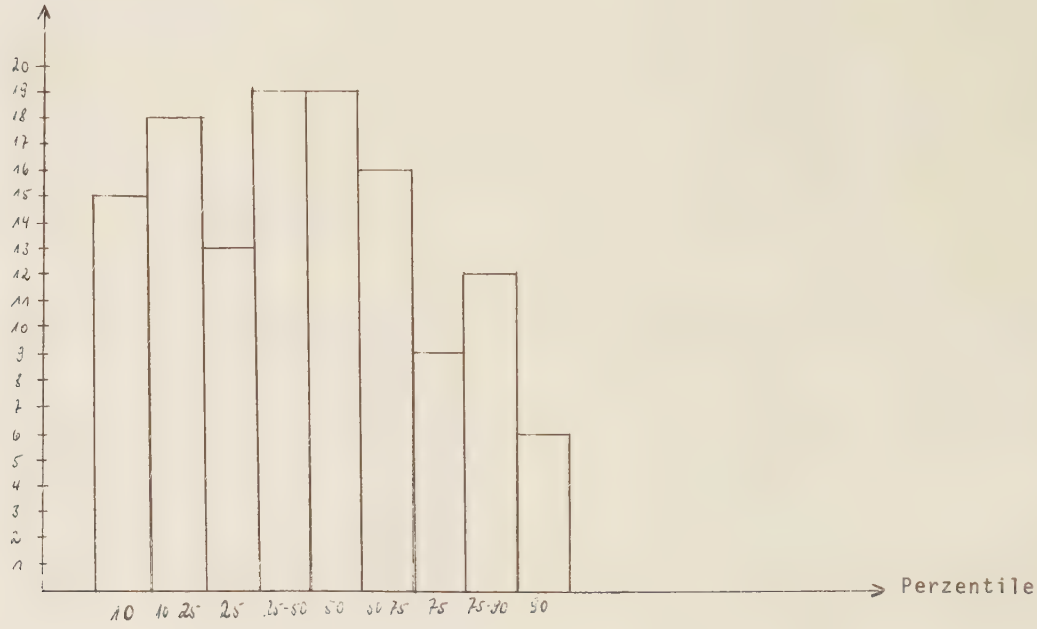
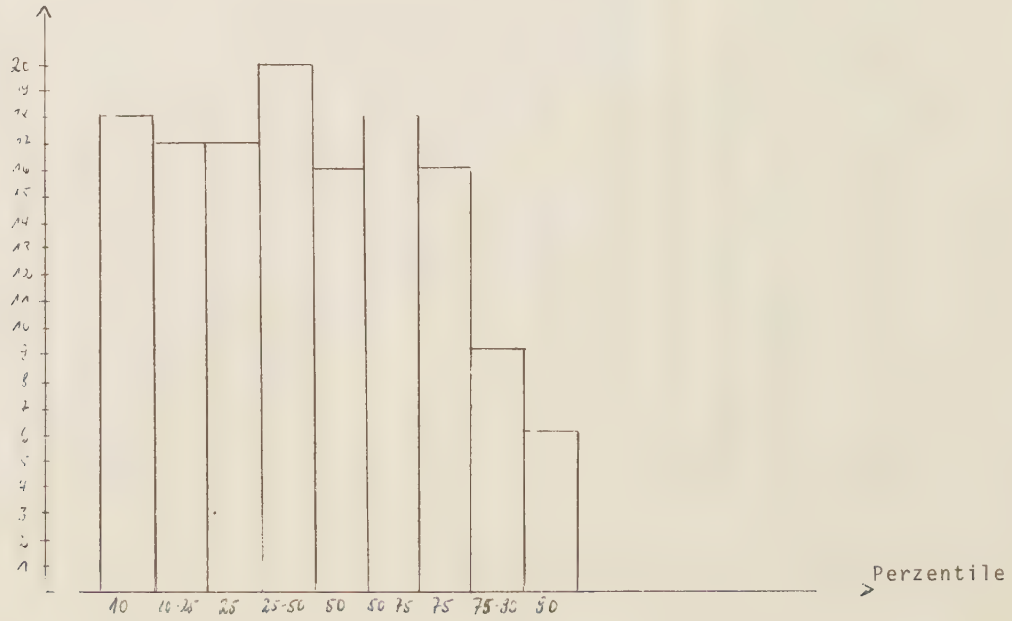


Abbildung IV: Größenverteilung für alle Mädchen



3.2 Durchführung der Untersuchung

Neben der praktischen Durchführbarkeit der ausgewählten Methode von DE ROO (49) sowie der Genauigkeit dieser Methode, sollten ihre Anwendbarkeit auf normalwüchsige westdeutsche Jungen und Mädchen geprüft werden und die Ergebnisse mit denen der GREULICH-PYLE-Methode (23) verglichen werden.

Dabei dienten als Kriterien für die Durchführbarkeit der Skelettalterbestimmung:

1. Die Erlernbarkeit der Methode, insbesondere hinsichtlich der Klarheit und Verständlichkeit der entsprechenden Anleitungen.
2. Die Erkennbarkeit der altersentsprechenden Reifekriterien der Knochenkerne auf den Röntgenaufnahmen und die Genauigkeit der Angaben über diese Kriterien.
3. Der benötigte Zeitaufwand für eine Skelettalterbestimmung.

Für die Genauigkeit der Methode bzw. ihre Verläßlichkeit galten folgende Kriterien:

1. Der Interbeurteiler-Fehler, also die Differenz der bei verschiedenen Beurteilern festgestellten Skelettalterwerte nach der selben Röntgenaufnahme der linken Hand eines Kindes.
2. Der Intrabeurteiler-Fehler, also die Differenz der vom gleichen Beurteiler bestimmten Skelettalterwerte nach der selben Röntgenaufnahme der linken Hand eines Kindes zu verschiedenen Zeitpunkten.

Aus den 127 Röntgenaufnahmen der linken Hand normalwüchsiger Jungen wurde hierzu jede siebte Aufnahme ausgewählt, ebenso aus den 137 Röntgenaufnahmen der Mädchen, so daß für die Jungen 18 und für die Mädchen 19 Röntgenaufnahmen vorlagen.
Die Jungen waren zwischen einem Jahr und 14,7 Jahren alt, die Mädchen zwischen 10 Monaten und 13,11 Jahren.

Alle Röntgenbilder wurden von zwei Untersuchern beurteilt. Wich Untersucher 2 mit seinem Urteil um mehr als drei Monate vom Ergebnis des Untersuchers 1 ab, wurde noch einmal gemeinsam beurteilt.
Beim Interbeurteiler-Fehler wurde jedoch die ursprüngliche Differenz berücksichtigt.

Drei Monate nach Abschluß der Untersuchung wurde bei den 18 Röntgenbildern der Jungen und 19 Röntgenbildern der Mädchen vom ersten Untersucher noch einmal die Skelettalterbestimmung durchgeführt. Dabei waren die Ergebnisse des ersten Durchgangs dem Untersucher nicht bekannt.
Als Intrabeurteiler-Fehler wurde die Differenz zwischen neuer Beurteilung und ursprünglichem Ergebnis ohne Berücksichtigung der gemeinsamen Korrektur mit dem Zweituntersucher verwendet.

Die Auswertung wurde mit der Skelettalterbestimmung nach DE ROO (49) begonnen.

Da bei dieser Methode im beschreibenden Textteil immer eine Aufteilung in vier Anteile, nämlich große Epiphysen (Radius, Ulna), Carpalia, Metacarpalia und Phalangen erfolgt und keine anderen Instruktionen angegeben sind, lag es nahe, nicht das Gesamtbild, sondern diese vier Skelettanteile getrennt zu beurteilen.
Es wurde keine Gewichtung der einzelnen Abschnitte des Handskeletts vorgenommen, wie zum Beispiel bei der TANNER-WHITEHOUSE-Methode (55,57), die ein bewertendes Punktesystem für die Knochen vorgibt.
Diese Unterteilung scheint zudem sinnvoll, da nicht immer alle vier Anteile gleich weit entwickelt sind, während innerhalb eines Anteils, wie zum Beispiel den Phalangen, eine gewisse Homogenität der Entwicklung besteht. Bei der Gesamtbeurteilung besteht die Gefahr der Bevorzugung eines Anteils oder eines Knochens gegenüber den anderen.
Entsprach der Reifegrad eines Skelettabschnittes bei einem Probanden nicht exakt dem eines entsprechenden Beispiels aus dem Atlasteil, so wurde

der Mittelwert aus den Skelettalterangaben für die benachbarten Standards gewählt.
Aus den oben genannten vier Einzelwerten wurde die Summe gebildet und daraus das arithmetische Mittel bestimmt.

Um die Art der Bestimmung gleich zu halten, wurde bei der GREULICH-PYLE-Methode (23) in gleicher Weise wie oben vorgegangen.

Anschließend sollte festgestellt werden, wie gut das nach den Atlanten von DE ROO (49) und GREULICH-PYLE (23) bestimmte Skelettalter mit dem Lebensalter übereinstimmt, welche Differenzen zwischen den Ergebnissen beider Methoden bestehen und welche Korrektur für westdeutsche Jungen und Mädchen vorgenommen werden muß, damit die gewählte Methode in allen Altersstufen fehlerfrei anwendbar ist.

4. E R G E B N I S S E

4.1 Die praktische Durchführbarkeit der Skelettalterbestimmungsmethode

Der Taschenatlas von DE ROO (49) enthält keinerlei Angaben über die Vorgehensweise der Skelettalterbestimmung. Da aber jedem Standard auf der gegenüberliegenden Seite eine kurze Beschreibung der Reifekriterien für Radius und Ulna, Carpalia, Metacarpalia und Phalangen erfolgt, kann angenommen werden, daß diese vier Skelettanteile auch getrennt beurteilt werden sollten.

Bei der GREULICH-PYLE-Methode (23) ist die Anleitung zur Durchführung der Skelettalterbestimmung zufriedenstellend. Die wesentlichen Erklärungen sind kurz und die Unterweisungen verständlich.

Die Genauigkeit der Angaben über die altersentsprechenden Reifekriterien:

Da sich bei DE ROO (49) die Beschreibung der Reifekriterien auf der dem Standard gegenüberliegenden Seite befindet, ist eine schnelle Orientierung möglich. Die Beschreibung der Reifekriterien ist relativ knapp, doch wird das Wesentliche dabei berücksichtigt. Die angegebenen Reifekriterien ließen sich auch auf den eigenen Röntgenbildern gut erkennen.

Bei der GREULICH-PYLE-Methode (23) macht sich nachteilig bemerkbar, daß die Skizzen und Textangaben zu den jeweiligen Entwicklungsstadien im Anhang zu finden sind und nicht mit den Standards zusammen betrachtet werden können. Auch bei der GREULICH-PYLE-Methode (23) ließen sich die angegebenen Kriterien auf den eigenen Röntgenbildern gut erkennen.

Der Zeitaufwand betrug für beide Methoden - da die gleiche Vorgehensweise benutzt wurde - durchschnittlich 4 bis 6 Minuten.

4.2 Die Verläßlichkeit der Methode

4.2.1 Der Interbeurteiler-Fehler

In Tabelle I sind die absoluten Mittelwerte des Interbeurteiler-Fehlers bei zwei Untersuchern für Jungen und Mädchen gemeinsam (a), für Jungen (b) und für Mädchen (c) angegeben.
Wie aus der Tabelle I a (Jungen und Mädchen gemeinsam) zu ersehen ist, zeigt sich bei der Methode von DE ROO ein nur um 0,26 Monate geringerer Interbeurteiler-Fehler gegenüber der Methode von GREULICH-PYLE.
Ebenso ist der Schwankungsbereich bei der DE ROO-Methode nur wenig kleiner als bei der GREULICH-PYLE-Methode.
Wie in Tabelle I b (Jungen) dargestellt, schneidet die GREULICH-PYLE-Methode im durchschnittlichen Interbeurteiler-Fehler und im Schwankungsbereich lediglich minimal ungünstiger gegenüber der DE ROO-Methode ab.
Aus Tabelle I c (Mädchen) geht hervor, daß die DE ROO-

Methode sowohl hinsichtlich des Interbeurteiler-Fehlers als auch des Schwankungsbereiches geringfügig günstigere Ergebnisse zeigt als die GREULICH-PYLE-Methode.

Tabelle I: Der Interbeurteiler-Fehler

	a) Jungen (n=18) und Mädchen (n=19) zusammen		b) Jungen (n=18)		c) Mädchen (n=19)	
	DE ROO	GREULICH-PYLE	DE ROO	GREULICH-PYLE	DE ROO	GREULICH-PYLE
Interbeurteiler-Fehler (Monate)	3,33	3,59	2,9	3,0	3,74	4,15
Schwankungsbereich der Abweichungen (Monate)	-7; +9	-10; +12	-7; +7	-10; +4	-3; +9	-6; +12

4.2.2 Der Intrabeurteiler-Fehler

In der Tabelle II sind die absoluten Mittelwerte des Intrabeurteiler-Fehlers bei einem Untersucher für die beiden Methoden angegeben, (a) für Jungen und Mädchen gemeinsam, (b) nur für Jungen, (c) nur für Mädchen.

Außer bei der Einzelbewertung der Mädchen (Tab. II c) erzielt die GREULICH-PYLE-Methode in allen Bereichen etwas günstigere Ergebnisse als die DE ROO-Methode.

Der größte Intrabeurteiler-Fehler beträgt bei der GREULICH-PYLE-Methode für Mädchen 1,58 Monate, der kleinste ebenfalls bei der GREULICH-PYLE-Methode für Jungen 0,75 Monate.

Bei beiden Methoden fand sich häufig eine genaue Übereinstimmung von erster und zweiter Beurteilung.

Der Interbeurteiler-Fehler liegt wesentlich höher als der Intrabeurteiler-Fehler, ebenso ist auch der Schwankungsbereich beim Interbeurteiler-Fehler größer als beim Intrabeurteiler-Fehler.

Beim Intrabeurteiler-Fehler fällt auf, daß die Abweichungen mehr im negativen Bereich liegen. Dies bedeutet, daß der Erstuntersucher bei der zweiten Untersuchung niedriger beurteilte.
Für beide Methoden liegt der Intra- wie auch der Interbeurteiler-Fehler für Jungen niedriger.

Tabelle II: Der Intrabeurteiler-Fehler

	a) Jungen (n=18) und Mädchen (n=19) zusammen		b) Jungen (n=18)		c) Mädchen (n=19)	
	DE ROO	GREULICH-PYLE	DE ROO	GREULICH-PYLE	DE ROO	GREULICH-PYLE
Intrabeurteiler-Fehler (Monate)	1,33	1,17	1,19	0,75	1,47	1,58
Schwankungsbereich der Abweichungen (Monate)	-6,0; +4,0	-6,0; +4,0	-6,0; +3,0	-3,0; +3,0	-4,5; +4,0	-6,0; +4,0

4.3 Die Übereinstimmung von Lebens- und Skelettalter

Ein wesentlicher Parameter für die Beurteilung der Anwendbarkeit einer Skelettalterbestimmungsmethode bei einer bestimmten Population ist die Übereinstimmung von Lebensalter und Skelettalter. Daher wurden für die Skelettalterwerte beider untersuchter Methoden die Differenzen zum Lebensalter der Kinder untersucht. Wichtig ist, ob diese Differenzen klinisch bedeutsam sind, und ob die beiden unterschiedlichen Skelettalterbestimmungsmethoden für die westdeutschen Kinder eher ein zu niedriges oder ein zu hohes Skelettalter angeben.

In Tabelle III werden - für Jungen und Mädchen getrennt - die durchschnittliche Abweichung des Skelettalters vom Lebensalter, die Standardabweichung, sowie die Minimal- und Maximalwerte der Abweichungen des nach der DE ROO-Methode bestimmten Skelettalters vom Lebensalter gezeigt.

Die durchschnittliche Abweichung vom Skelettalter nach DE ROO und Lebensalter ist mit -1;2,83 Jahren für Jungen in der Altersgruppe V (10;1 - 12;0) und für Mädchen mit -0;5,73 Jahren in der Altersgruppe VI (12;1 - 15;0) am größten. Der Schwankungsbereich ist für alle Altersgruppen und beide Geschlechter ziemlich groß.
Insgesamt zeigt sich, daß die durchschnittliche Abweichung des Skelettalters nach DE ROO vom Lebensalter für Jungen größer ist als für Mädchen.
Bei DE ROO wird für westdeutsche Jungen das Skelettalter durch alle Altersgruppen hindurch zu niedrig bestimmt. Dies heißt, daß bei den holländischen Probanden DE ROO's die Skelettreifung im Durchschnitt schneller erfolgte als bei westdeutschen Jungen.
Die durchschnittliche Abweichung, Standardabweichung und die Minimal- und Maximalwerte der Abweichungen des mit der GREULICH-PYLE-Methode bestimmten Skelettalters vom Lebensalter sind in Tabelle IV dargestellt, ebenfalls für Jungen und Mädchen getrennt.

Auch dort zeigen sich für Jungen und Mädchen und in allen Altersgruppen breite Schwankungsbereiche.
Beim Vergleich der durchschnittlichen Abweichung des Skelettalters nach GREULICH-PYLE vom Lebensalter bei Jungen und Mädchen lassen sich für die Mädchen etwas günstigere Ergebnisse finden als für die Jungen.
Die größte durchschnittliche Abweichung beträgt -0;9,94 Jahre für Jungen in der Altersgruppe V (10;1 - 12;0) und für Mädchen -0;4,27 in der Altersgruppe IV (6;1 - 10;0 Jahre).
Außer bei der Altersgruppe I bei Jungen und Mädchen wird bei der GREULICH-PYLE-Methode das Skelettalter für beide Geschlechter und alle übrigen Altersgruppen zu niedrig bestimmt.

Tabelle III: Die Differenz von Lebensalter und Skelettalter (DE ROO-Methode)

Altersgruppe (Jahre)	n	durchschnittl. Abweichung (Jahre) des Skelett- vom Lebensalter	Standarabweichung (Jahre)	Minimal- u. Maximalwerte der Abweichung (Jahre)
Jungen				
I 0;5-2;0	16	-0;0,168	0;3,068	-0;5; +0;6
II 2;1-4;0	31	-0;2,96	0;5,29	-1;4; +0;4
III 4;1-6;0	15	-0;11,6	0;5,69	-1;9 bis -0;4
IV 6;1-10;0	27	-0;5,6	1;1,5	-2;8 bis +1;8
V 10;1-12;0	18	-1;2,83	1;4,8	-4;7 bis +0;6
VI 12;1-15;0	20	-0;10	1;1,13	-3;1 bis +0;6
Mädchen				
I 0;5-4;0	24	+0;0,25	0;3,96	-0;4 bis +0;1
II 2;1-4;0	27	-0;2,09	0;4,33	-0;7 bis +0;7
III 4;1-6;0	17	-0;0,82	0;8,06	-1;3 bis +0;11
IV 6;1-10;0	29	-0;4,7	0;9,5	-2;3 bis -1;0
V 10;1-12;0	17	+0;2,5	0;11,46	-2;1 bis +2;6
VI 12;1-15;8	23	-0;5,73	0;9,75	-2;0 bis +0;11

Tabelle IV: Die Differenz von Lebensalter und Skelettalter (GREULICH-PYLE-Methode)

Altersgruppe (Jahre)	n	durchschnittl. Abweichung (Jahre)	Standardabweichung (Jahre)	Minimal- u. Maximalwerte der Abweichung (Jahre)
Jungen				
I 0;4-2;0	16	+0;1,06	0;3,19	-0;3 bis +0;7
II 2;1-4;0	31	-0;1,77	0;5,76	-1;3 bis +0;10
III 4;1-6,0	15	-0;5,9	0;5,58	-1;3 bis +0;3
IV 6;1-10;0	27	-0;3,9	1;1,16	-2;0 bis +2;0
V 10;1-12;0	18	-0;9,94	1;4,82	-4;2 bis +1;6
VI 12;1-15;0	20	-0;5,25	0;10,02	-2;1 bis +0;11
Mädchen				
I 0;5-2;0	24	+0;0,16	0;5,28	-0;5,5 bis +1;7
II 2;1-4;0	27	0	0;4,32	-0;8 bis +0;11
III 4;1-6;0	17	-0;1,47	0;9,86	-1;10 bis +0;11
IV 6;1-10;0	29	-0;4,27	0;11,15	-2;3 bis +1;7
V 10;1-12;0	17	-0;0,94	1;1,1	-2;9 bis +2;10
VI 12;1-15;8	23	-0;3,73	1;0,4	-2;4 bis +1;5

4.4 Vergleich der beiden Methoden (De ROO und GREULICH-PYLE) miteinander

4.4.1 Vergleich der Standards von GREULICH-PYLE und DE ROO

In Tabelle V (Jungen) und VI (Mädchen) ist der Vergleich der Standards der beiden Methoden miteinander dargestellt.
Es wurden die GREULICH-PYLE-Standards nach der DE ROO-Methode beurteilt.
Die größte Abweichung beträgt -0;8 Jahre für Jungen für den GREULICH-PYLE-Standard 4;6 Jahre. Wie sowohl aus der Übersicht der Differenzen als auch aus der durchschnittlichen Abweichung von -0;2 Jahren für Jungen hervorgeht, bestimmt die DE ROO-Methode fast immer niedriger als die GREULICH-PYLE-Methode.
Bei den Mädchen beträgt die größte Abweichung +0;6 Jahre für den GREULICH-PYLE-Standard 11;0 Jahre, sowie -0;6 Jahre für den GREULICH-PYLE-Standard 13 Jahre. Die durchschnittliche Abweichung von -0;0,26 Jahren zeigt, daß im Durchschnitt eine relativ

gute Übereinstimmung zwischen den Standards der beiden Methoden vorhanden ist, und daß nur eine minimale Tendenz zur etwas niedrigeren Beurteilung der GREULICH-PYLE-Standards durch die DE ROO-Methode besteht.

Tabelle V: Vergleich der Standards von GREULICH-PYLE und von DE ROO (Jungen)

GREULICH-PYLE (Jahre)	GREULICH-PYLE (Jahre) -beurteilt n. DE ROO-	Differenz DE ROO/GREULICH-PYLE
Newborn	Newborn	Ø
0;3	0;2	-0;1
0;6	0;4,5	-0;1,5
0;9	0;7,5	-0;1,5
1;0	0;11	-0;1
1;3	1;2	-0;1
1;6	1;6	Ø
2;0	1;11	-0;1
2;8	2·9	+0;1
3;0	2;10	-0;2
3;6	3;2	-0;4
4;0	3;7	-0;5
4;6	3;10	-0;8
5;0	4;9	-0;3
6;0	5;8	-0;4
7;0	6;10	-0;2
8;0	7;11	-0;1
9;0	8;11	-0;1
10;0	9;6	-0;6
11;0	10;6	-0;6
11;6	11;1	-0;5
12;6	12;3	-0;3
13;0	13;0	Ø
13;6	13;5	-0;1
14;0	13;8	-0;4
15;0	15;0	Ø
15;6	15;6	Ø
16;0	16;3	+0;3
17;0	16;11	-0;1
18;0	17;11	-0;1
		$\bar{x}$ = -0;2,0
		s = ±0;2,31

Tabelle VI: Vergleich der Standards zwischen GREULICH-PYLE und DE ROO (Mädchen)

GREULICH-PYLE (Jahre)	GREULICH-PYLE (Jahre) -beurteilt n. DE ROO-	Differenz DE ROO/GREULICH-PYLE
Newborn	Newborn	Ø
0;3	0;4,5	+0;1,5
0;6	0;7,5	+0;1,5
0;9	0;9	Ø
1;0	1;1,5	+0;1,5
1;3	1;3	Ø
1;6	1;6	Ø
2;0	1;11	-0;1
2;6	2;4	-0;2
3;0	2;11	-0;1
3;6	3;7,5	+0;1,5
4;2	4;1	-0;1
5;0	5;1	+0;1
5;9	5;9	Ø
6;10	6;9	-0;1
7;10	7;11	+0;1
8;10	8;6	-0;4
10;0	10;0	Ø
11;0	11;6	+0;6
12;0	11;11	-0;1
13;0	12;11	-0;1
13;6	13;6	Ø
14;0	13;10,5	-0;1,5
15;0	14;6	-0;6
16;0	15;9	-0;3
17;0	17;1,5	+0;1,5
18;0	18;0	Ø
		$\bar{x}$ = -0;0,26
		s = ±0;2,14

4.4.2 Vergleich der nach der DE ROO-Methode gewonnenen Ergebnisse mit denjenigen der GREULICH-PYLE-Methode

In Tabelle VII wird, für Jungen und Mädchen getrennt, die Differenz der Ergebnisse nach der DE ROO-Methode von denen nach der GREULICH-PYLE-Methode ermittelten, dargestellt.

Bei den Jungen zeigt sich für die erste Altersgruppe (0;4 - 2;0) eine gute Übereinstimmung der beiden Methoden. In der zweiten Altersgruppe ist der Schwankungsbereich zwar schon ziemlich groß, aber die durchschnittliche Abweichung von -0;0,96 Jahren zeigt, daß im Durchschnitt die nach DE ROO ermittelten Ergebnisse von denjenigen, die nach der GREULICH-PYLE-Methode bestimmt wurden, nicht stark differieren.

Bei allen übrigen Altersgruppen (III bis VI) ist der Schwankungsbereich breit und die durchschnittliche Abweichung zwischen -0;3 und -0;8 Jahre nicht mehr zu vernachlässigen. Bei den Jungen wird durch alle Altersgruppen hindurch das Skelettalter nach der

DE ROO-Methode deutlich niedriger bestimmt als nach der GREULICH-PYLE-Methode.
Für die Mädchen läßt sich keine eindeutige Tendenz nach oben oder unten feststellen. Die durchschnittliche Abweichung zeigt mit Werten von -0;1,86 bis +0;2,88 günstigere Ergebnisse als für die Jungen. Die Standardabweichungen und die Schwankungsbereiche sind ähnlich groß wie bei den Jungen.

Tabelle VII: Die Differenz zwischen dem nach der DE ROO-Methode bestimmten Skelettalter und den nach der GREULICH-PYLE-Methoden bestimmten Werten

Altersgruppe	n	durchschnittl. Abweichung (Jahre)- DE ROO/GREULICH-PYLE -	Standardabweichung (Jahre)	Minimal- u. Maximalwerte der Abweichung beider Methoden (Jahre)
Jungen				
I 0;4-2;0	16	-0;1,34	0;1,3	-0;4 bis 0
II 2;1-4;0	31	-0;0,96	0;2,6	-0;11 bis +0;10
III 4;1-6;0	15	-0;5,5	0;2,4	-0,11 bis +0;1
IV 6;1-10;0	27	-0;3,14	0;5,04	-1;4 bis +0;7
V 10;1-12;0	18	-0;8,05	0;3,72	-1;3 bis -0;3
VI 12;1-15;0	20	-0;4,5	0;3,44	-1;0 bis -0;1
Mädchen				
I 0;5-2;0	24	+0;0,125	0;1,81	-0;6 bis +0;3
II 2;1-4;0	27	-0;2,12	0;2,33	-0;6 bis +0;3
III 4;1-6;0	17	+0;2,29	0;3,86	-0;4 bis +0;11
IV 6;1-10;0	29	+0;0,14	0;4,15	-0;9 bis +0;8
V 10;1-12;0	17	+0;2,88	0;5,06	-0;7 bis +0;9
VI 12;1-15;8	23	-0;1,86	0;5,7	-1;3 bis +0;9

4.5 Vergleich des Skelettalters von Jungen und Mädchen

Wie schon an anderer Stelle erwähnt, vollzieht sich die Skelettreifung bei den Jungen bis zu zwei Jahren langsamer als bei den Mädchen.
Es interessiert nun, ob dieser Unterschied zwischen den Geschlechtern auch bei den beiden untersuchten Methoden zum Ausdruck kommt, in welcher Größenordnung er sich bewegt und in welchem Alter sich die größten Unterschiede bemerkbar machen.
Weiter soll die Frage untersucht werden, ob der Zeitpunkt maximalen Wachstums, das heißt also, der größten Differenz zwischen der Skelettreifung der Jungen und der Mädchen bei beiden Methoden übereinstimmt.
In Tabelle VIII wird der Vergleich zwischen Jungen und Mädchen nach der DE R00-Methode dargestellt. Beurteilt wurden die Standards der Jungen mit den Standards der Mädchen.
Ab 1;0 Jahren bleibt die Skelettreifung der Jungen hinter derjenigen der Mädchen zurück. Im Alter von

2;6 bis 3;6 Jahren sind Unterschiede bis zu -0;9 Jahren vorhanden.
Weitere deutliche Unterschiede zeigen sich bei den Acht- und Neunjährigen mit -0;8 und -0;11 Jahren.

In Tabelle IX sind die Ergebnisse für die GREULICH-PYLE-Methode zusammengefaßt.
Ab 1;6 Jahren beginnnt das Skelett der Jungen langsamer zu reifen als das der Mädchen. Bei den Vier- bis Fünfjährigen ergeben sich Unterschiede von 9 und 10 Monaten.
Vom neunten bis zum neunzehnten Lebensjahr bleibt die Skelettreifung der Jungen deutlich hinter der der Mädchen zurück. Die 11;7 Jahre alten Mädchen sind in ihrer Skelettreifung den Jungen um 1;5 Jahre voraus, die 17;6-jährigen um 1;6 Jahre.
Die letztgenannte Differenz ist aber nur relativ zu sehen, da in diesem Alter (17;6 Jahre bei den Mädchen und 19;0 Jahre bei den Jungen) die Hand bei beiden Geschlechtern ausgereift ist. Der letzte Standard für Mädchen liegt bei 18;0 Jahren, so daß sich bei der Beurteilung der neunzehn Jahre alten

Hand des Jungen zwangsläufig ein Unterschied von mindestens einem Jahr ergibt.

Vergleicht man die Ergebnisse der DE ROO-Methode mit denjenigen der GREULICH-PYLE-Methode, so zeigt sich, daß bei der GREULICH-PYLE-Methode mit einer durchschnittlichen Abweichung von -0;7 Jahren und einer Standardabweichung von 0;5,23 Jahren insgesamt ein größerer Unterschied zwischen den Geschlechtern vorherrscht als bei der DE ROO-Methode mit einer durchschnittlichen Abweichung von -0;4,9 Jahren und einer Standardabweichung von 0;5,78 Jahren.
Bei der DE ROO-Methode wirkt sich der Pubertätswachstumsschub der Mädchen bei den Jungen im Alter zwischen 13 und 17 Jahren am deutlichsten aus.
Bei der GREULICH-PYLE-Methode ist der Unterschied der Skelettreifung vom neunten bis zum neunzehnten Lebensjahr groß mit einem Maximum für die Dreizehnjährigen.

Tabelle VIII: Vergleich des Skelettalters von Jungen und Mädchen nach DE ROO

Jungen	Jungen beurteilt nach Standard für Mädchen	Differenz (Beurteilung nach Mädchen - Jungen)
Newborn	Newborn	ø
0;1,15	0;1,15	ø
0;3	0;4,5	+0;1,5
0;6	0;7,5	+0;1,5
0;9	0;9	ø
1;0	0;10,5	-0;1,5
1;3	0;10,5	-0;4,5
1;6	1;6	ø
1;9	1;9	ø
2;0	1;10	-0;2
2;6	1;10	-0;8
3;0	2;3	-0;9
3;6	3;1	-0;5
4;6	4;5	-0;1
5;0	5;0	ø
5;6	5;10	-0;4
6;0	6;0	ø
6;6	6;4	-0;2
7;0	6;6	-0;6
8;0	7;4	-0;8
9,0	8;1	-0;11
10;0	9;6	-0;6
11;0	11;0	ø
12;0	11;5	-0;7
13;0	12;0	-1;0
13;6	12;7	-0;11
14;0	13;3	-0;9
15;0	13;6	-1;6
16;0	14;3	-1;9
17;0	16;4	-0;8
18;0	17;11	-0;1

$\bar{x}$ = -0;9,9

s = $\pm$0;5,78

Tabelle IX: Vergleich zwischen Jungen und Mädchen nach GREULICH-PYLE

Jungen	Jungen beurteilt nach Standard für Mädchen	Differenz (Beurteilung nach Mädchen - Jungen)
Newborn	Newborn	Ø
0;3	0;3	Ø
0;6	0;6	Ø
0;9	0;9	Ø
1;0	0;10,5	-0;1,5
1;3	1;0	+0;3
1;6	1;6	-0;1
2;0	1;8	-0;4
2;8	2;2	-0;6
3;0	2;7	-0;5
3;6	3;1	-0;5
4;0	3;3	-0;9
4;6	3;8	-0;10
5;0	4;3	-0;9
6;0	5;10	-0;2
7;0	6;8	-0;4
8;0	7;9	-0;3
9;0	8;3	-0;9
10;0	9;4	-0;8
11;0	10;3	-0;9
11;6	10;6	-1;0
12;6	10;9	-0;9
13;0	11;7	-1;5
13;6	12;6	-1;0
14;0	13;3	-0;9
15;0	14;0	-1;0
15;6	14;6	-1;0
16;0	15;0	-1;0
17;0	16;1	-0;11
18;0	17;1	-0;11
		$\bar{x}$ = -0;7,0
		s = ±0;5,23

5. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

5.1 Der Interbeurteiler-Fehler

Wie aus den Literaturmitteilungen (3, 35, 40, 47, 57) hervorgeht, sind Fehler bzw. Differenzen bei der Skelettalterbeurteilung unvermeidlich.
Oft werden in der Literatur der Intra- und der Interbeurteiler-Fehler zusammengefaßt (47). Die unterschiedliche Art der Berechnung und der Angabe des Fehlers erschwert den Vergleich.
Der Interbeurteiler-Fehler bei der GREULICH-PYLE-Methode (23) variiert in den Literaturmitteilungen (40, 46) bis zu einem Jahr. Im Mittel liegt der Interbeurteiler-Fehler bei etwa 2 bis 6 Monaten.
Über die DE ROO-Methode (49) liegen keine Literaturmitteilungen vor.
Der bei der eigenen Untersuchung festgestellte Interbeurteiler-Fehler (3,59 Monate) für die GREULICH-PYLE-Methode liegt in dem in der Literatur angegebenen Bereich.

Bei der DE ROO-Methode (49) liegen Interbeurteiler-Fehler (3,33 Monate) und Schwankungsbereich (-7,0 bis +9,0 Monate) nur wenig günstiger als bei der GREULICH-PYLE-Methode (23).

5.2 Der Intrabeurteiler-Fehler

ROCHE und DAVILA (48) konnten nachweisen, daß die Skelettalterbestimmung subjektiven Einflüssen ausgesetzt ist, auch wenn zahlreiche objektive Kriterien vorhanden sind.
Nach den eigenen Ergebnissen muß bei der GREULICH-PYLE-Methode (23) mit einem durchschnittlichen Intrabeurteiler-Fehler von 1,17 Monaten und bei der DE ROO-Methode (49) mit einem Fehler von 1,33 Monaten gerechnet werden. Der Schwankungsbereich liegt bei beiden Methoden zwischen -6 bis +4 Monaten. Demnach ist bei beiden Methoden die Genauigkeit bezüglich des Intrabeurteiler-Fehlers ungefähr gleich groß. Um die Genauigkeit der Methoden zu vergrößern,

wurde wiederholt versucht, die Ursache der auftretenden Fehler aufzuklären. Unter anderem wurde dabei auf die Irrtumsquelle durch die Carpalia hingewiesen und deren Ausschluß bei der Beurteilung gefordert (3, 35).

Nach WEINER und THAMBIPILLAI (61) ist für die GREULICH-PYLE-Methode (23) damit zu rechnen, daß der Intrabeurteiler-Fehler kleiner ist als der Interbeurteiler-Fehler. Diese Annahme wird auch in der eigenen Untersuchung für beide Methoden bestätigt.

Nach den Literaturmitteilungen (4, 29, 32, 37, 40, 46, 47) ist eine Abweichung von bis zu 6 Monaten vertretbar. Der durchschnittliche Intra- und Interbeurteiler-Fehler liegt in der eigenen Untersuchung bei beiden Methoden darunter, doch der Schwankungsbereich beim Interbeurteiler-Fehler für die DE ROO-Methode (49) von -7 bis +9 Monaten und für die GREULICH-PYLE-Methode (23) von -10 bis +12 Monaten zeigt, daß im Einzelfall beträchtliche Abweichungen vorkommen können.

Deshalb sollte versucht werden, durch regelmäßige

Selbstkontrollen im Rahmen eines Teams und regelmäßigem Vergleichen und Besprechen der Skelettalterbestimmungsergebnisse (23) noch günstigere Resultate zu erzielen.

5.3 Vergleich von Lebensalter und Skelettalter

Das durchschnittliche Skelettalter ergibt sich aus dem durchschnittlichen radiologischen Erscheinungsbild der Handskelettentwicklung einer Altersgruppe eines Landes (13). Deswegen muß jede Skelettalterbestimmungsmethode dem jeweiligen Niveau der normalen Skelettentwicklung einer bestimmten Population angeglichen sein.
Um Aussagen darüber machen zu können, ob die Skelettentwicklung retardiert oder akzelleriert ist, ist die Kenntnis der als normal angesehenen physiologischen Abweichungen des Skelettalters vom Lebensalter von großer Bedeutung. Definitionsgemäß entspricht die Zunahme des Skelettalters ein Jahr pro Jahr Lebensalter mit einer Standardabweichung von 0,5 Jahren (bei 3 - 15-jährigen Mädchen und 3 - 16-jährigen Jungen).

In der Literatur werden jedoch größere Variationsbreiten als realistisch bezeichnet. So gibt VON HARNACK (26) beim Schulkind eine Abweichung von +/- 1 Jahr als bedeutungslos an. Bei JOHNSTON (39) variiert die Zunahme des Skelettalters in einem chronologischen Jahr zwischen 0,6 und 1,4 Jahren.

Für die nach der DE ROO-Methode untersuchten Jungen lag die Standardabweichung in den Altersgruppen IV - VI (6;1 - 15;0 Jahre) mit 1;1,5/1;4,8/ und 1;1,13 Jahren über der definitionsgemäßen Abweichung von 0,5 Jahren und auch über der von VON HARNACK (26) als bedeutungslos angesehenen Abweichung von einem Jahr.
Bei den Mädchen liegt die Standardabweichung zwar schon ab den 4-jährigen über dem Niveau von 0,5 Jahren, doch kein Wert übersteigt ein Jahr.

Für die nach der GREULICH-PYLE-Methode untersuchten Jungen liegen ähnliche Ergebnisse vor. Bei den Mädchen beträgt die Standardabweichung in der Altersgruppe V und VI (10;1 - 15;8 Jahre) über ein Jahr und liegt ab der 3. Altersgruppe über der in der Definition angegebenen Standardabweichung von 0,5 Jahren. Beim Vergleich des Lebensalters mit dem nach der GREULICH-PYLE-Methode (23) und der DE ROO-Methode (49) bestimmten Skelettalter zeigen die untersuchten westdeutschen Jungen mit einer durchschnittlichen Abweichung von +0;1,06 bis -0;9,94 Jahren ein niedrigeres Niveau des Skelettalters als die Untersuchungsgruppe von GREULICH-PYLE und mit einer durchschnittlichen Abweichung von -0;0,168 bis 1;2,83 Jahren ein noch niedrigeres gegenüber den von DE ROO untersuchten Jungen. Das bedeutet, daß auch bei den amerikanischen Jungen der gehobenen Mittelklasse (Probanden von GREULICH und PYLE) die Skelettreifung im Durchschnitt bei einem bestimmten Lebensalter weiter

fortgeschritten war als bei westdeutschen Jungen. Da bei DE ROO das durchschnittliche Skelettalter in den Altersgruppen III (4;1 - 6;0), V und VI (10;1 - 15;0) noch wesentlich niedriger angegeben wird als bei der GREULICH-PYLE-Methode, muß davon ausgegangen werden, daß bei den untersuchten holländischen Jungen die Skelettreifung noch schneller vonstatten geht, als bei den amerikanischen Jungen.
Für die Mädchen ließ sich bei DE ROO keine eindeutige Tendenz nach oben oder unten feststellen, während nach der GREULICH-PYLE-Methode bei den Mädchen das Skelettalter etwas niedriger bestimmt wurde, als es dem Lebensalter entsprach.

Bei zahlreichen Untersuchungen mit der GREULICH-PYLE-Methode in anderen Ländern (9, 12, 21, 32, 43, 61) wurde ebenfalls ein niedrigeres Niveau der Skelettentwicklung gefunden als bei den aus Cleveland stammenden Kindern, die von GREULICH und PYLE untersucht wurden. Nach WEBER et al. (60) geht hervor, daß nach der GREULICH-PYLE-Methode in Deutschland

das Skelettalter im Durchschnitt um 8 Monate zu niedrig bestimmt wird. Ähnliche Abweichungen wurden in der eigenen Untersuchung festgestellt. Auch bei anderen Untersuchungsserien in Deutschland (28, 32) und der Schweiz (11) zeigte sich, daß das Skelettalter für Jungen und Mädchen niedriger lag als bei den amerikanischen Kindern.

Es wurden die verschiedensten Einflüsse auf das Skelettalter diskutiert. So können rassische Unterschiede die Skelettreifung beeinflussen (1, 20, 21, 36, 56, 61).

In einer Untersuchung von KIMURA (33) wurde die Skelettentwicklung von weißen Amerikanern, japanisch-amerikanischen Mischlingen in Japan und Japanern miteinander verglichen. Dabei zeigten die Weißen eine raschere Skeletteinwicklung als die Japaner und die Mischlinge.

Bei den Japanern und den Mischlingen fand sich jedoch ein früherer präadoleszenter Spurt der Reifung. Nach der Adoleszenz lag das Skelettalter der Mischlinge zwischen dem der Weißen und der Japaner, was auf rassische Einflüsse hindeutet.

Eine Untersuchung von GREULICH (22) zeigt den sozio-kulturellen Einfluß auf die Skelettreifung. Bei einem Vergleich des Skelettalters von weißen Kindern aus Cleveland mit dem Skelettalter amerikanischer Kinder japanischer Abstammung ergab sich eine relativ gute Übereinstimmung. Interessant ist dabei, daß die Vorfahren der japanischen Kinder aus der gleichen Region Japans stammten, in der SUTOW und Mitarbeiter (54) bei einer Untersuchungsgruppe eine Retardierung von bis zu zwei Jahren fanden.

ACHESON und Mitarbeiter (2) führten in der Nachkriegszeit eine Untersuchung an deutschen Kindern durch, die den ökonomischen Einfluß auf die Skelettentwicklung verdeutlicht. Die meisten der unterernährten Kinder zeigten eine Retardierung der Skelettentwicklung. Nachdem sich die Ernährungsverhältnisse gebessert hatten, nahm die Skelettreifung innerhalb eines Jahres deutlich zu und zeigte sogar eine Beschleunigung gegenüber der Vergleichsgruppe.

Die von GREULICH und PYLE (23) untersuchten Kinder zeigen gegenüber anderen Populationen ein relativ hohes Niveau der Skelettentwicklung, was darauf zurückgeführt werden könnte, daß die Probanden aus einer sozial hohen Schicht (1,20) ausgewählt waren.
Im Gegensatz dazu waren die Kinder für die eigene Untersuchung nicht ausgesucht, sondern gehörten sowohl unteren wie gehobenen sozialen Schichten an.
Da DE ROO (49) nicht angibt, woher die Kinder, von denen die Röntgenstandards angefertigt wurden, stammen, läßt sich über evtl. soziale Unterschiede nichts aussagen.

Weil sich die Lebensbedingungen in Holland weder klimatisch noch kulturell oder sozio-ökonomisch stark von den westdeutschen Lebensbedingungen unterscheiden, ist die noch weiter fortgeschrittene Skelettentwicklung der holländischen Kinder gegenüber den westdeutschen Kindern umso erstaunlicher.

Bei der Methode nach GREULICH-PYLE (23) wie auch nach der DE ROO-Methode (49) waren die durchschnittlichen Abweichungen für die Jungen größer als für die Mädchen. Ähnliche Resultate fanden sich auch bei den Untersuchungen von BUDLIGER und PRADER (11), und von KEMPERDICK (32).

Da unterschiedliche Populationen unterschiedlichen Einflüssen, die Veränderungen der Skelettreifung bewirken, ausgesetzt sind, kann eine Skelettalterbestimmungsmethode, die für eine bestimmte Population erarbeitet wurde, nicht einfach bei einer anderen Population angewendet werden.
Weder bei der GREULICH-PYLE-Methode (23) noch bei der Methode nach DE ROO (49) kann man auf Korrekturwerte verzichten.

5.4 Vergleich des Skelettalters von Jungen und Mädchen

Da das Wachstumsende bei Mädchen etwa zwei Jahre früher als bei Jungen eintritt und Mädchen dazu von der Geburt an in der Skelettentwicklung den Jungen vorauseilen (56), müssen in der Skelettalterbestimmung hinsichtlich der Geschlechter Differenzierungen vorgenommen werden.
Durchschnittlich endet das Wachstum bei m männlichen Geschlecht mit 21,2, beim weiblichen bei 17,3 Jahren, wobei Jungen allerdings nur noch ungefähr 1 cm nach dem achtzehnten Lebensjahr wachsen (44). Es wurden wiederholt Untersuchungen darüber angestellt und Hypothesen aufgestellt, warum Mädchen in der Skelettentwicklung den Jungen voraus sind.
1959 veröffentlichten TANNER und Mitarbeiter (58) eine Studie über 27 Patienten mit Klinefelter- und Turner-Syndrom, die in der Zeit vom sechsten bis zum achtzehnten Lebensjahr beobachtet worden waren. Sie fanden heraus, daß die Skelettentwicklung

beim Turner-Syndrom mit XO-Konstellation der Chromosomen derjeniger normaler Mädchen, beim Klinefelter-Syndrom mit XXY-Konstellation derjenigen normaler Jungen entspricht. Daraus wurde geschlossen, daß das Y-Chromosom verantwortlich ist für die geschlechtsspezifischen Unterschiede in der Skelettentwicklung beim Menschen und Primaten.

Es darf aber bezweifelt werden, daß die Skelettentwicklung ausschließlich genetisch bedingt ist. Das Wachstumshormon, die Androgene und Östrogene sowie die Schilddrüsenhormone haben wesentlichen Einfluß auf die Knochenreifung (8). Die Hormoneinflüsse sind individuell unterschiedlich. Der bei Mädchen früher als bei Jungen einsetzende Pubertätswachstumsschub, der mit einer Beschleunigung der Skelettentwicklung einhergeht, dürfte ebenfalls im wesentlichen hormonell bedingt sein (27).

Vergleicht man die Ergebnisse der DE ROO-Methode (49) mit denjenigen der GREULICH-PYLE-Methode (23), so zeigt sich, daß bei der DE ROO-Methode mit einer durchschnittlichen Abweichung von -0;9,9 Jahren und einer Standardabweichung von 0;5,78 Jahren insgesamt ein größerer Unterschied zwischen den Geschlechtern vorherrscht als bei der GREULICH-PYLE-Methode mit einer durchschnittlichen Abweichung von -0;7 Jahren und einer Standardabweichung von 0;5,23 Jahren.
Bei der DE ROO-Methode wirkt sich der Pubertätswachstumsschub der Mädchen bei den Jungen im Alter zwischen dreizehn und siebzehn Jahren am deutlichsten aus. Bei der GREULICH-PYLE-Methode ist der Unterschied der Skelettreifung vom neunten bis zum neunzehnten Lebensjahr groß mit einem Maximum für die Dreizehnjährigen.

5.5 Die Anwendbarkeit der Skelettalterbestimmung nach GREULICH-PYLE und DE ROO bei westdeutschen Kindern

Aus den Daten ergibt sich, daß sowohl nach der DE ROO-Methode (49) als auch nach der GREULICH-PYLE-Methode (23) unterschiedlich große Korrekturen für die Jungen in den Altersgruppen III bis VI eingeführt werden müßten. Für die Mädchen scheinen sich Korrekturen zu erübrigen. Da jedoch relativ wenig Untersuchungsmaterial vorliegt, können keine verbindlichen Korrekturwerte für die Skelettalterbestimmung vorgeschlagen werden.

Hinsichtlich der Genauigkeit und des Zeitaufwandes (wenn man für die GREULICH-PYLE-Methode die gleiche Vorgehensweise benutzt, wie für die DE ROO-Methode) ergeben sich keine wesentlichen Unterschiede.
Da die Größenvorhersageberechnung nach BAYLEY und PINNEAU (7) unter anderem auf der Skelettalterbestimmung nach GREULICH-PYLE (23) beruht, empfiehlt es sich, überall dort, wo Größenvorhersagen be-

nötigt werden, den Atlas von GREULICH-PYLE (23) zu verwenden.

Für die GREULICH-PYLE-Methode liegen für westdeutsche Kinder Korrekturwerte vor (32).

Die DE ROO-Methode ließe sich grundsätzlich, besonders in der Praxis, verwenden. Doch sind die Abweichungen so groß, daß diese Methode erst sicher angewendet werden kann, wenn entsprechende Korrekturwerte vorliegen.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Das Skelettalter ist heute ein wichtiger Entwicklungsparameter in der Pädiatrie. Es ist für viele Fragestellungen von diagnostischer und differentialdiagnostischer Bedeutung. Im allgemeinen wird zur Beurteilung der Skelettentwicklung die linke Hand herangezogen. Die Hand kann ohne Schwierigkeiten geröntgt werden und die Strahlendosisbelastung ist gering. In zahlreichen Untersuchungen (43, 44, 53) hat sich die Hand als repräsentativ für die Entwicklung der übrigen Skelettabschnitte erwiesen.

Um das Skelettalter eines bestimmten Kindes beurteilen zu können, müssen Vergleichsbilder gleichaltriger, gesunder Kinder herangezogen werden. Wichtig ist dabei, daß für Jungen und Mädchen getrennte Standards vorliegen.

Von zahlreichen Autoren wurden Standards und Methoden für die Skelettalterbestimmung entwickelt.
Die heute gebräuchlichste Methode ist die Inspektionsmethode nach GREULICH und PYLE (23).
Untersuchungen in verschiedenen Ländern (9, 12, 21, 32, 43, 61) zeigten unterschiedlich große Abweichungen zwischen der Skelettentwicklung der Kinder von den Standards der GREULICH-PYLE-Methode (23).
Eine Methode muß deshalb nicht nur hinsichtlich ihrer Genauigkeit im Ursprungsland überprüft werden, sondern auch ihrer Anwendbarkeit auf andere Populationen.

1976 wurde von DE ROO (49) in Holland ein Taschenatlas zur Skelettalterbestimmung erstellt.
Da die Lebensbedingungen in Holland denjenigen in Westdeutschland ähneln, erschien es wichtig zu überprüfen, ob das nach der DE ROO-Methode (49) bestimmte Skelettalter weniger vom Lebensalter abweicht als dies nach der GREULICH-PYLE-Methode (23) der Fall ist.

Bei beiden Methoden sind für Jungen ab dem 4. Lebensjahr Skelettalterkorrekturen erforderlich. Bei den Mädchen müßte für die GREULICH-PYLE-Methode nur im Altersbereich der 6- bis 10-jährigen eine Korrektur vorgenommen werden. Die DE ROO-Methode zeigt hingegen nicht nur für die 6- bis 10-jährigen, sondern auch für die 12 bis 16 Jahre alten Mädchen so große Abweichungen vom Lebensalter, daß für diese Altersgruppen Korrekturwerte eingeführt werden müssten.

Die Genauigkeit der Bestimmung des Skelettalters, gemessen als sogenannter Intra- und Interbeurteiler-Fehler, lag in der vorliegenden Untersuchungsserie in dem in der Literatur mitgeteilten und geforderten Bereich. Bei der DE ROO-Methode betrug der Intrabeurteiler-Fehler 1,33 Monate, der Interbeurteiler-Fehler 3,33 Monate. Für die GREULICH-PYLE-Methode ergab sich ein Intrabeurteiler-Fehler von 1,17 Monaten und ein Interbeurteiler-Fehler von 3,59 Monaten.

Hinsichtlich ihrer Genauigkeit unterscheidet sich die DE ROO-Methode nicht von der GREULICH-PYLE-Methode, jedoch benötigt sie größere Skelettalterkorrekturen als diese.

Demnach ist die DE ROO-Methode (49) mit den entsprechenden Korrekturen zwar bei westdeutschen Kindern anwendbar, erbringt jedoch keine Vorteile gegenüber der GREULICH-PYLE-Methode (23). Insbesondere zur raschen Orientierung in der täglichen Praxis, auch des niedergelassenen Kinderarztes, wäre der Atlas von DE ROO (49) nach Erarbeitung entsprechender Korrekturwerte zu empfehlen.

7. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. ACHESON, R.M.: Effect of nutrition and disease on human growth. Symp. Soc. Human. Biol. 3, 73-92 (1960)

2. ACHESON, R.M., FOWLER, G.B., JANES, M.D.: Effect of improved care on the predictal adult height of undernourished children. Nature 194, 735-736 (1962)

3. ACHESON, R.M., FOWLER, G.B., FRY, E.J., JANES, M., KOSKI, K., URBAN, P., VAN DER WERFF TEN BOSCH, J.J.: Studies in the reliability of assessing skeletal maturity from x-rays. Part I: Greulich-Pyle atlas. Hum. Biol. 35, 317-349 (1963)

4. ACHESON, R.M., VICINUS, J.H. and FOWLER, G.B.: Studies in the reliability of assessing skeletal maturity from x-rays. Part III: Greulich-Pyle atlas and Tanner-Whitehouse method contrasted. Hum. Biol. 38, 204-218 (1966)

5. ANDERSEN, E.: Comparison of Tanner-Whitehouse and Greulich-Pyle methods in a large scale Danish survey.
Am. J. Phys. Anthropol. 35, 373-376 (1971)

6. BAILEY, C.C. and KOMROWER, G.M.: Growth and skeletal maturation in congenital adrenal hyperplasia. Arch. Dis. Child. 49, 4-7 (1974)

7. BAYLEY, N. and PINNEAU, S.: Tables for predicting adult height from skeletal age: revised for use with the Greulich-Pyle hand standards. J. Pediat. 40, 423-441 (1952)

8. BIERICH, J.R.: Die Bedeutung der radiologischen Skelettalterbestimmung für die Klinik.
Radiologie 16, 381-390 (1976)

9. BLANKSBY, B.A., BROGAN, W.F., McKNIGHT, H.P., SPRAGUE, P.L.: A skeletal age survey of primary school children in western Australia. Aus. Paediatr. J. 11, 169-71 (1975)

10. BUDLIGER, H., FENDEL; H., MORSCHER, E., PRADER, A.: Rundtischgespräch über das Knochenalter. Radiologe 11, 296-99 (1971)

11. BUDLIGER, H. und PRADER, A.: Unpublizierte Daten der Züricher longitudinalen Wachstums-Studie. Mai 1972 Zit. n.:13: Eveleth, Ph.B. and Tanner, J.M. (1976)

12. CHAN, S.T., CHANG, K.S.F., HAU, F.K.: Growth and skeletal maturation of Chinese children in Hongkong. Am. J. Phys. Anthropol. 19, 289-300 (1961)

13. EVELETH, Ph.B. and TANNER, J.M.: Worldwide variation in human growth, Cambridge University Press, Cambridge (1976)

14. FENDEL, H.: Die Methodik der radiologischen Skelettalterbestimmung. Radiologe 16, 370-80 (1976)

15. GARN, S.M. and ROHMANN, C.G.: Communalities of the ossification centers of the hand and wrist. Am. J. Phys. Anthropol. 17, 319-23 (1959)

16. GARN, S.M. and ROHMANN, C.G.: Variability in order of ossification of bony centers of hand and wrist. Am. J. Phys. Anthropol. 18, 219.30 (1960)

17. GARN, S.M. and ROHMANN; C.G.: The number of hand-wrist centers. Am. J. Phys. Anthropl. 18, 293-99 (1960)

18. GARN, S.M., ROHMANN, C.G. and WALLACE, D.K.: Association between alternate sequences of handwrist ossification. Am. J. Phys. Anthropol. 19, 361-64 (1961)

19. GARN, S.M., SILVERMAN; F.N. and ROHMANN, C.G.: A rational approach to assessment of skeletal maturation. Ann. Radiol. 7, 297-307 (1964)

20. GRAU, U., Klaus, F.: Das Skelettalter nach Tanner-Whitehouse und die sogenannte körperliche Schulreife. Prax. Kinderpsychiatr. 24, 94-101 (1975)

21. GREULICH, W.W.: The growth and developmental status of Guamanian school children in 1947. Am. J. Phys. Anthropol. 9, 55-70 (1951)

22. GREULICH, W.W.: A comparison of the physical growth and development of American-born and nature Japanese children. Am. J. Phys. Anthropol. 15, 489-515 (1957)

23. GREULICH, W.W. and PYLE, S.I.: Radiographic atlas of skeletal Development of the hand and wrist. Stanford Univ.-Press. Stanford California, (1959), (reprinted 1966)

24. HANSMAN, C.F. and MARESH, M.M.: A longitudinal study of skeletal maturation. Am. J. Dis. Child. 101, 305-21 (1961)

25. HARNACK, G.-A. von, TANNER, J.M., WHITEHOUSE, R.H. and RODRIGUEZ, C.A.: Catch-up in height and skeletal maturity in children on long-term treatment for hypothyroidism. Z. Kinderheilk. 112, 1-17 (1972)

26. HARNACK, G.-A. von: Reifebestimmung des Skeletts im Kindesalter. Z. Geburtshilfe Perinatol. 178, 237-44 /1974)

27. HEWITT, D. and ACHESON, R.M.: Some aspects of skeletal development through adolscence. I: Variations in the rate and pattern of skeletal maturation at puberty. Am. J. Phys. Anthropol. 19, 32131 (1961)

28. HØLSCHER, A.: Die Größenvorhersage bei Kindern. Anwendung der Bayley-Pinneau-Methode bei gesunden deutschen Kindern und verschiedenen Erkrankungen anhand einer retrospektiven Untersuchung. Med. Diss. Göttingen (1973)

29. JOHNSON, G.F., DORST, J.P., KUHN, J.P., ROCHE, A.F., DAVILA, G.H.: Reliability of skeletal age assessments. Am. J. Roentgenol. Radium Ther. Nucl. Med. 118, 320-27 (1973)

30. JOHNSTON, F.E.: The use of the Greulich-Pyle method in a longitudinal growth study. Am. J. Phys. Anthropol. 35, 353-57 (1971)

31. KELLER, E.E., SATHER, A.H., HAYLES, A.B.: Dental and skeletal development in vrious endocrine and metabolic diseases. J. Am. Dent. Assoc. 81, 415-19 (1970)

32. KEMPERDICK, H.: Die Anwendbarkeit der Bestimmungsmethoden des Skelettalters bei westdeutschen Kindern mit normalem und mit abweichendem Wachstumsverlauf. Habilitationsschrift. Düsseldorf (1979)

33. KIMURA, K.: On the skeletal maturation of Japanese-American white hybrids. Am. J. Phys. Anthropol. 44, 83-89 (1976)

34. KONRAD, R.M.: Die Entwicklung des Handwurzelskeletts bei Kinder mit konnatalen Angiocardiopathien. Zentralbl. Chir.82, 1226-34 (1957)

35. LOW, W.D.: Assessing skeletal maturity by inspection and bone-specific method with the atlas of Greulich-Pyle. Z.Morphol. Anthropol. 67, 1-5 (1975)

36. LOW, W.D., CHAN, S.T., CHANG, K.S.F., LEE, M.M.C.: Skeletal maturation of southern Chinese children. Child. Dev. 35, 1313-36 (1964)

37. MAINLAND, D.: Evaluation of skeletal age method of assessing children's development. II.: Variable errors in assessment of roentgenograms. Pediatrics 13, 165-73 (1954)

38. MALINA, R.M.: A consideration of factors underlying the selection of methods in the assessment of skeletal maturity. Am. J. Phys. Anthropol. 35, 341-46 (1971)

39. MELLITS, E.D., DORST, J.P., CHEEK, D.B.: Bone age: is contribution to the prediction of maturational or biological age. Am. J. Phys. Anthropol. 35, 381-84 (1971)

40. MOED, G., WIGHT, B.W., VANDEGREFT, H.N.: Studies of physical disability: reliability of measurement of skeletal age from hand films. Child. Dev. 33, 37-41 (1962)

41. MUNK, A.: Die Kerngröße der Handwurzelknochen und des distalen Unterarmabschnittes bei normalwüchsigen Kindern von der Geburt bis zur Pubertät. Arch. Kinderheilk. 80, 185-94 (1927)

42. PECHSTEIN, J., BETH, B., GÖTTEL, K., PELESCH, L.: Untersuchungen zur Strahlenbelastung bei der röntgenologischen Handskelettuntersuchung von Kindern. Fortschr. Med. 88, 805-08 (1970)

43. PRYOR, J.W.: Time of ossification of the bones of the hand of male and female, and union of the epiphyses with the diaphyses. Am. J. Phys. Anthropol. 8, 401-10 (1925)

45. ROCHE, A.F.: Clinical application of skeletal age assessments. Aus. Paediatr. J. 1, 6-11 (1965)

46. ROCHE, A.F., DAVILA, G.H., PASTERNAK, B.A., WALTON, M.J.: Some factors influencing the replicability of assessment of skeletal maturity (Greulich-Pyle). Am. J. Roentgenol. Radium Ther. Nucl. Med. 109, 299-306 (1970)

47. ROCHE, A.F.: A comparison between Greulich-Pyle and Tanner-Whitehouse assessments of skeletal maturity. Radiology 98, 273-80 /1971)

48. Roche, A.F., DAVILA, G.H.: The reliability of assessments of the maturity of individual hand-wrist bones. Hum. Biol. 48, 585-97 (1976)

49. ROO, T. de, SCHRÖDER, H.J.: Pocket Atlas of Skeletal Age. Martinus Nijhoff-Medical Division-The Hague (1976)

50. SCHMID, F.: Zur Diagnostik des Skelettalters. Die Ossifikation als Indikator der Entwicklung. Kinderarzt 5, 319-20 (1974)

51. SCHMID, F., MOLL, H.: Atlas der normalen und pathologischen Handskelettentwicklung, Springer-Verlag. Berlin-Göttingen-Heidelberg (1960)

52. STETTNER, E.: Über die Beziehungen der Ossifikation des Handskeletts zu Alter und Längenwachstum bei gesunden und kranken Kindern von der Geburt bis zur Pubertät. Arch. Kinderheilk. 68, 432-466 (1920)

53. STUART, H.C., PYLE, S.I., CORNONI, J., REED, R.B.: Onsets, completions and spans of ossification in 29 bone growth centers of the hand and wrist. Pediatrics 29, 237-49 (1962)

54. SUTOW, W.W., OHWADA, K.: Skeletal Standards of healthy Japanese children from age 6 to 19 years. Clinical Pediatrics (japanisch) 6, 11 (1953) zit. nach 23: Greulich, W.W., Pyle, S.I.: Radiographic atlas of skeletal Development of the hand and wrist. Stanford Univ. Press, Stanford, California (1966)

55. TANNER, J.M., WHITEHOUSE, R.H., HEALY, M.J.R.: A new system for estimating skeletal maturity from the hand and wrist, with standards derived from a study of 2600 healthy British children. II.: The scoring system. Paris, Int. Child. Centre (1962)

56. TANNER, J.M.: Wachstum und Reifung des Menschen Thieme-Verlag, Stuttgart (1962)

57. TANNER, J.M., WHITEHOUSE, R.H., MARSHALL, W.A., HEALY, M.J.R., GOLDSTEIN H.: Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW_2-Method) Verlag Academic Press, London-New York., San Francisco (1975)

58. TANNER, J.M., PRADER, A.; HABICH, H., FUERGUSON-SMITH, M.A.: Genes on the Y-chromosome influency rate of maturation in men: skeletal age studies in children with Klinefelter's (XXY) and Turner's (XO) syndroms. Lancet 2, 141-44 (1959)

59. TODD, T.W.: Atlas of skeletal maturation. Part I.: Hand. Verlag. C.V. Mosby Co. St. Louis (1937)

60. WEBER, J., BIERICH, J.R.: Long-term response to human growth hormone in 36 children with idiopathic growth hormone deficiency. Eur. J. Pediatr. 132, 221-238 (1979)

61. WEINER, J.S., THAMBIPILLAI, V.: Skeletal maturation of West-African negroes. Am. J. Phys. Anthropol. 10, 407-18 (1952)

62. WIERINGEN; J.C. van, WAFELBAKKER, F., VERBROGGE, H.P., HAAS, J.J. de: Growth diagrams 1965 Netherlands, Verlag Wolters-Noordhoff, Groningen (1971)

Herrn Privatdozent Dr. med. Helmut KEMPERDICK
danke ich für die freundliche Unterstützung bei
der Bearbeitung des Themas.

LEBENSLAUF

Geboren wurde ich, Gundula A. Notheis, am 19. Mai 1951 in Biberach an der Riss, als zweite Tochter des Architekten Hugo Notheis und seiner Ehefrau Gertrud, geborene Läpple.

1957 zogen meine Eltern nach Teheran/Iran, wo ich die Grundschule der deutschen Volksschule besuchte. 1961 kehrten wir nach Deutschland zurück. Bevor ich das Abitur im Sommer 1969 am Graf-Zeppelin-Gymnasium in Friedrichshafen ablegen konnte, war ich Schülerin an verschiedenen mathematisch-naturwissenschaftlichen Gymnasien in Stuttgart, Karlsruhe und Lübeck.

Vom Wintersemester 69/70 bis zum Sommersemester 73 studierte ich an den Universitäten Konstanz, Saarbrücken und Trier Politik und Soziologie. Vom September 73 bis Oktober 74 besuchte ich die Krankenpflegeschule des Ferdinand-Sauerbruch-Klinikums in Wuppertal.

Ab Oktober 1974 studierte ich in Düsseldorf Humanmedizin und schloß das Studium im April 1981 mit der 3. Ärztlichen Prüfung dort ab.

Seit Oktober 1981 bin ich als Assistenzärztin in der Anästhesieabteilung des Krankenhauses der Barmherzigen Brüder in Trier tätig.